

明 細 書

光送受信モジュールおよび光送受信装置

技術分野

- [0001] 本発明は、発光素子と受光素子が同一モジュール内に配置され双方向の受信を行うことができる光送受信モジュールおよび光送受信装置に係り、特にモジュール内部の発光素子と受光素子間の電氣的干渉を低減し、かつ、高周波特性にも優れた光送受信モジュールおよび光送受信装置に関するものである。

背景技術

- [0002] 近年、インターネットの高速化等に伴い、幹線系の通信システムだけでなく、一般加入者通信においてもFTTH(Fiber To The Home)と呼ばれる光ファイバでデータ通信を行う光通信システムが一般的となりつつある。このような光通信システムでは、伝送路である光ファイバを効率的に使用するために、1本のファイバで上り下りが異なる波長の光信号(例えば使用する波長として、上り1.3 μ m、下り1.5 μ mなどの近赤外光)を利用し伝送する方法が採用されている。
- [0003] ところで、これらのシステムを低コストで実現するため各種の試みがなされているが、その一つとして送信側の発光素子および受信側の受光素子を1つのパッケージに収めることで低コスト化を図った送受信モジュールが提案されている。
- [0004] しかしながら、発光素子と受光素子を1つのパッケージに収めた場合、発光素子の駆動電流信号が受光素子や受信側回路の電気信号に干渉する電気クロストークが発生し、このクロストーク量が無視できない(大きい)、という問題がある。特に、伝送する信号がギガビット以上に高速化した場合は、これによる通信特性の劣化が顕著となる。
- [0005] そこで、このクロストークの低減を目的とした光送受信モジュールとして、例えば特開2001-345475号公報に記載のものが提案されている。これについて、モジュールの内部を上面から見た平面図である図10を参照しながら説明する。
- [0006] この光送受信モジュール100には、図10に示すように、金属板101がパッケージ100Aの内部に設けられているとともに、パッケージ100Aの内部と外部を電氣的に導

通する第1の(アウト)リード102A〜第8の(アウト)リード102Hが設けられている。

金属板101には、第1基板103及び第2基板106が分離・独立して設けられている。そのうち、第1基板103上には発光素子104が実装されているとともに、第2基板106上には受光素子107が実装されている。

[0007] 以下、この光送受信モジュール100の発光素子104及び受光素子107について、構成及び作用を説明する。

発光素子104は、素子の上面(アノード端子)から下面(カソード端子)に電流を流すことで発光するように構成されている。即ち、第1のリード102Aから、第1のボンディングワイヤ105A、第1基板103上の発光素子104のアノード端子用電極104Aを通じ、発光素子104の下面に電流が流れるが、発光素子104上面側の図示外の所定の端子と接続された第2のボンディングワイヤ105B、第2のリード102Bを通じ、パッケージ100A外部から発光素子104を電流駆動するようになっている。

[0008] 一方、受光素子107は、素子の下面のカソード端子とアノード端子に電圧を印加することで、光信号を受光の際にカソード端子からアノード端子の方向に電流が流れ、受光した光レベルに応じて電流量が変化する。即ち、パッケージ100外部の図示外のアンプの入力端子が、第3のリード102C、第3のボンディングワイヤ105C、第2基板106上の受光素子107のカソード端子用電極107Aを通じ、受光素子107のカソード端子と接続されている。一方、受光素子107のアノード端子は、第2基板106上の受光素子のアノード端子用電極107B、第4のボンディングワイヤ105D、第4のリード102Dを通じ、パッケージ100A外部の図示外の直流電圧源に接続されている。従って、パッケージ100Aの外部から第3のリード102C、第4のリード102D間に電圧を印加することで、通信相手からの光信号を受信する際に、その光信号レベルに応じた受光電流を得ることができる。

[0009] 次に、この光送受信モジュール100に備える光学系の構成及び作用について説明する。

図10において、第2基板106内部(図示せず)には、第1の光ファイバ108A、第2の光ファイバ108Bの各一端が図示外の波長フィルタ(例えば、干渉膜フィルタ)をはさんで配置されている。また、第1の光ファイバ108Aの他端(図10では左端)は、図

示しないが、発光素子104の発光部に配置されているとともに、第2の光ファイバ108Bの他端がパッケージ100Aの外部光インターフェイス(光コネクタ)となる。

[0010] 従って、発光素子104から出力する光信号は、光ファイバ108Aの内部を図10中右方向に伝播するとともに波長フィルタを通過した後、光ファイバ108Bの内部を同方向に伝播してこの光送受信モジュール100の外部へ出力される。一方、光ファイバ108Bを通じて通信相手の外部から入力する光信号は、波長フィルタで反射し、受光素子107の受光部で光信号として受信する。

[0011] 以上説明してきたように、特許文献1に記載の光送受信モジュール100は、発光素子104及び受光素子107を搭載する基板を、発光素子104を搭載する第1基板103と受光素子107を搭載する第2基板106との2つに分離することで、電気的クロストークを低減できるように構成している。

[0012] ところで、この光送受信モジュールで使用するパッケージに、安価な樹脂パッケージを用いることで、さらに低コスト化を図ることが検討されている。

しかしながら、特にこのパッケージ100Aに樹脂などを用いた光送受信モジュール100にあつては、パッケージ自体に導電性がないため、パッケージ外部のグランドと内部のグランドとの間に寄生インダクタンス $L_1 \sim L_3$ (図11参照)が発生し易く、この寄生インダクタンス $L_1 \sim L_3$ によってパッケージ内部のグランド電位が高周波で変動してしまうことが多い。例えば1Gbps以上の高周波信号を受信する際、前述したように、発生する寄生インダクタンス $L_1 \sim L_3$ によって、以下のような問題を生じている。

[0013] 即ち、この光送受信モジュールにあつては、受光素子107とパッケージ100A外部とを接続するボンディングワイヤ、特に受光素子107のカソード端子用電極107A (図10参照)と接続する第3のボンディングワイヤ105C側の寄生インダクタンス L_1 によって、高周波特性が劣化する。

そこで、この高周波特性の劣化を抑えて良好な高周波特性を得るためには、受光素子107のカソード端子側の寄生インダクタンス L_1 を低減する必要がある。このため、一般的には、受光素子107近くでグランドに接続したり、グランドに接続されたコンデンサと接続して、高周波特性の劣化防止対策を講じる必要がある。

[0014] ここで、前述のように、受光素子107のカソード端子とパッケージ100A内部のグラ

ンドとしての金属板101との間に、コンデンサCを接続した構成のものについて、その作用を、図11に示す回路等価モデルを用いて説明する。

同図に示すように、発光素子107のカソード、アノード側には、第3、第4のボンディングワイヤ105C、105D等の寄生インダクタンス L_1 、 L_2 が発生している。このため、高周波信号を含んだ電流で発光素子104を駆動した場合、発光素子107のアノード端子の電位も高周波信号で変動する。そして、この発光素子107のアノード端子電位の高周波信号による変動は、発光素子107のアノード端子用電極104A(図10参照)から、シリコン基板103を通じ金属板101へと伝播される。

[0015] 一方、図10に示す第1基板103は、図11に示すように、コンデンサと抵抗の等価回路にモデル化できる。また、金属板101は、本来は外部グランドと接続されているが、同図に示すように、第5のリード102Eの寄生インダクタンス L_3 によって高周波的に不安定である。このため、発光素子104のアノード端子電圧の高周波的な電位変動は、金属板101を通じ、前述の追加したコンデンサCによって、受光素子107のカソード端子へと伝播していく。

[0016] 以上のような構成から、受光素子107のカソード端子の電位変動は、そのまま受光電流の変動となる。即ち、光受信における高周波特性の改善を目的として、図11に示すように、従来(特許文献1に記載)の光送受信モジュール100において受光素子107のカソード端子にコンデンサCを追加すると、再び電氣的なクロストークの増大をもたらすこととなる。

[0017] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、発光素子と受光素子との間の電気クロストークを低減し、かつ、光受信における高周波特性を改善することができる光送受信モジュール及びこれを備えた光送受信装置を提供することを目的とする。

[0018] 特許文献1:特開2001-345475号公報(図5)

発明の開示

[0019] 本発明は、第1に、内部に送受信室を設けた略箱状のパッケージと、
このパッケージの前記送受信室に互いに独立別個に設けられた第1及び第2の金属板と、
この第1の金属板上に設けられ、発光素子を実装する第1の基板と、

前記第2の金属板上に設けられ、受光素子を実装する第2の基板と、
前記発光素子と受光素子とに光学的に結合された光導波路と、
前記パッケージに設けられ、前記発光素子および前記受光素子の各電極とパッケージ外部側との電氣的な接続を図る複数のリードとを備えることを特徴としている。

従って、上記構成によれば、発光素子と受光素子を実装する各基板を、それぞれ別々の金属板に搭載させており、寄生容量を小さくすることができる。従って、発光素子を高周波信号で電流駆動する際、高周波信号の一部が受光素子の端子の電位変動をもたらす(具体的には、例えば発光素子のアノード端子から受光素子のカソード端子への)電気クロストークを、効果的に抑制することができる。

[0020] また、本発明は、第2に、前記パッケージが、樹脂で形成してあることを特徴としている。

従って、上記構成によれば、パッケージの部分は樹脂成形により量産化が容易となるので、低コスト化を図ることができる。

[0021] また、本発明は、第3に、前記第2の金属板と前記受光素子のカソード端子間に、これらの間を電氣的に接続させるコンデンサを具備することを特徴としている。

従って、上記構成によれば、受光素子のカソード端子にグランドへ接続するコンデンサをパッケージ内部に設けることで、受光素子のカソードの電位を高周波的に安定化させることにより、高周波特性を改善しつつ、発光素子のアノード端子から受光素子のカソード端子への電氣的なクロストークを抑えることができる。

[0022] また、本発明は、第4に、前記発光素子を搭載する第1の基板の比抵抗値が $1\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上であることを特徴としている。

従って、上記構成によれば、高周波信号による発光素子からのアノード端子の電位変動が第1の金属板へ伝播するときに、その変動量を抑えることができるようになる。

[0023] また、本発明は、第5に、前記第1及び第2の金属板の少なくとも一方が、前記いずれかのリードを通じて前記パッケージ外部のグランドと接続されていることを特徴としている。

従って、上記構成によれば、外部グランドと接続された金属板の電位変動を抑えることができる。

[0024] また、本発明は、第6に、前記第2の金属板に、プリアンプを搭載しているとともに、前記受光素子のアノード端子と前記プリアンプの入力端子の間、および前記プリアンプの出力端子と前記リードのいずれかとの間を電氣的に接続してあることを特徴としている。

従って、上記構成によれば、プリアンプにより増幅度が高められる。

[0025] また、本発明は、第7に、前記パッケージに、前記送受信室の床面から前記パッケージの底面まで貫通するスルーホールを有し、

前記第1及び第2の金属板の少なくとも一方は、この金属板の下面側とスルーホールを介して前記パッケージ下面と電氣的に導通していることを特徴としている。

従って、上記構成によれば、パッケージ外部との接続用のリードが不要になるので、このリードに発生していた寄生インダクタンスに起因する各金属板の電位変動を抑えることができるようになり、電気クロストークをさらに低減することができる。

[0026] また、本発明は、第8に、前記第1及び第2の金属板が、互いに対向して隣接する境界部分の形状が、互いに補完するクランク状もしくは曲線状を呈することを特徴としている。

従って、上記構成によれば、2つの金属間の隙間部分はその金属がないので、つまり樹脂だけの部分となり強度的に脆弱となり易いが、その樹脂だけの部分はストレートな(直線的な)形状となるのを避けている。換言すれば、強度の弱い部分がジグザグ形状などのように形成して、直線的に長く形成されないようにすることで、応力の集中を分散させ、パッケージもしくはパッケージ内に搭載した部品の折損などが発生するのを有効に防止できる。

[0027] また、本発明は、第9に、前記パッケージの前記送受信室の一部が外部に向けて開口しているとともに、

前記開口部は、金属もしくはセラミックで形成した蓋で閉鎖してあることを特徴としている。

従って、上記構成によれば、さらに、蓋を有する分だけ、パッケージの強度を増大させることができる。

[0028] 本発明は、第10に、第1の発明から第9の発明のいずれかに記載の光送受信モジ

ジュールを搭載する光送受信装置において、

光送受信モジュールの前記パッケージを搭載する基板は、前記パッケージの下面が接する上面の前記パッケージを搭載する領域に導電パターン欠損領域を有することを特徴としている。

従って、上記構成によれば、パッケージ下面での導電パターンと第1、第2の金属板との間に容量が発生してコンデンサのような作用により、第1、第2の金属板間のパスの容量を大きくしてしまいクロストークが増大する、といったトラブルが防止できるようになる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]本発明の第1の実施形態に係る光送受信モジュールの主に光学的構成を示す縦断面図

[図2]本発明の第1の実施形態に係る光送受信モジュールの主に電氣的な構成を示す横断面図

[図3]本発明の係る光送受信モジュールの第1、第2の金属板間の各種形状を示すものであり、(A)は第1の実施形態での形状を示す説明図、(B)～(E)はその変形例を各種示す説明図

[図4]本発明の第1の実施形態に係る光送受信モジュールにおける等価回路などを示す説明図

[図5]本発明の第1の実施形態に係る光送受信モジュールと従来の光送受信モジュールとにおけるクロストーク量の変化を示すグラフ

[図6]本発明の第2の実施形態に係る光送受信モジュールの主に電氣的な構成を示す横断面図

[図7]本発明の第3の実施形態に係る光送受信モジュールの主に電氣的な構成を示す縦断面図

[図8]本発明の第4の実施形態に係る光送受信装置の実装基板におけるパターン配線を示す概略斜視図

[図9]本発明の第4の実施形態に係る光送受信装置の原理を説明するために用いる仮想等価回路図

[図10]従来の光送受信モジュールの主に電氣的な構成を示す横断面図

[図11]従来の光送受信モジュールにおける等価回路などを示す説明図

符号の説明

- [0030] 1は光送受信モジュール、10はパッケージ、10Aは送受信室、10Bは床面、10Cは側壁、10Dは蓋、10Eは底部、10F、10Gはスルーホール、11は第1の金属板、11Aは外部接続用金属、12は第2の金属板、12Aは外部接続用金属、13は第1の基板(シリコン基板)、14は第2の基板(ガラス基板)、15は発光素子、15Aはアノード端子用電極、16は受光素子、16Aはカソード端子用電極、16Bはアノード端子用電極、17は光導波路、17Aは第1の光ファイバ、17Bは第2の光ファイバ、171は波長フィルタ、18は複数のリード、18A〜18Hは第1リード〜第8リード、181〜187は第1のボンディングワイヤー第7のボンディングワイヤ、19はコンデンサ、
- 2は光送受信モジュール、21はプリアンプ(前置増幅器)、22は第2のコンデンサ、231〜236は第8のボンディングワイヤー第13のボンディングワイヤ、
- 3は光送受信モジュール、
- 4は光送受信装置、41は実装基板、41Aは上面、42はパターン配線、
- C_1 、 C_2 、 C_{12} は容量、 L_A 、 L_B 、 L_C 、 L_F 、 L_G 、 L_H はインダクタンス、
- α はパッケージ実装領域

発明を実施するための最良の形態

- [0031] 以下、本発明の実施の形態について、添付図面を参照しながら詳細に説明する。

[第1の実施形態]

図1及び図2は、本発明の第1の実施例に係る光送受信モジュールの構成を示すものであり、この光送受信モジュール1は、パッケージ10内部に、分離・独立して別個に設けられた第1の金属板11及び第2の金属板12と、これらの金属板にそれぞれ設けた第1の基板13及び第2の基板14と、第1の基板13に実装した発光素子15と、第2の基板14に実装した受光素子16と、光導波路17と、複数のリード18と、コンデンサ19とを備えている。

- [0032] パッケージ10には、低コスト化を図るために適宜の樹脂材料で形成した樹脂パッケージを用いており、有底略箱形状に形成している。

また、このパッケージ10には、強度の向上および内部の光学素子および電氣的素子を保護するために、取り外し可能な蓋10Dを備えている。この蓋10Dは、パッケージ本体と同一樹脂材料で形成してもよいが、適宜の金属或いはセラミックで形成してパッケージの強度アップを図るようにしてもよい。

[0033] また、このようなパッケージ10に樹脂製のものを使用する場合には、一般に、パッケージ自体に導電性がないため、図示しない外部のグラウンドと内部のグラウンドとの間に発生する寄生インダクタンス L_c 、 L_H (図4参照)によって、パッケージ10内部のグラウンド電位が高周波で変動してしまうおそれがある。

そこで、本実施形態では、後述するように、コンデンサ19を追加して設置することによってこのようなトラブルを回避させている。

[0034] また、このパッケージ10は、内部に送受信室10Aが形成されている。この送受信室10Aは、床面10Bに内部グラウンドとしての機能を有する第1及び第2の金属板11、12が固設されているとともに、側壁10Cには後述の各リード18が送受信室10Aの内外を貫通するような状態で(床面10Bに略平行な)水平方向に植設されている。

なお、このパッケージ10の外部には、前述の図示しないグラウンド(これを「外側グラウンド」とよぶ)が形成されており、第1及び第2のいずれの金属板11、12ともにリード18を介してそのグラウンドと接続されている。

[0035] 第1及び第2の金属板11、12は、この第1及び第2の金属板11、12間に発生する容量 C_{12} を小さく抑えるために分離させてあり、いずれも所要の一定強度を発揮できる厚さを有する金属導体、具体的にはCu合金、Fe-Ni合金などで構成されており、互いに対向する外周縁部(これを「対向縁部」とよぶ)がストレートな単純形状となるのを避けた形状に形成されている。

また、この第1及び第2の金属板11、12の対向縁部は、本実施形態の場合、例えばクランク状に曲折した形状を呈している。このため、パッケージ10には、双方の金属板11、12の対向縁部の間(つまり、双方の金属板11、12の隙間部分)に対応する送受信室10Aの床面10Bの略中央部には、(2つに破断されるおそれのある)強度的に脆弱な部分が長く(大きく)形成されるのを回避できるようになっている。

[0036] 即ち、第1及び第2の金属板11、12の互いに隣接する対向縁部の形状は、図2及

び図3(A)に示すような2箇所のクランク部分で折曲する3つの辺で構成されている。これにより、金属板間のパッケージ10の床面(底部)10Bに強度的に脆弱な部位、つまり金属板が設置されていない部位(破断されやすい部位)が直線的(ストレート)に長く形成されるのを回避できるようになっている。

なお、この第1及び第2の金属板11、12の互いに隣接する対向縁部の形状は、勿論、本実施形態のものに限定されるものではなく、例えば図3(B)～(E)に示すような各種の形状が適用可能である。但し、同図(E)に示すようなアイランド状に孤立した構成のものは、製造工法上困難であるので、あまり好ましくない。

[0037] 第1の金属板11には、上面に第1の基板13を搭載しているとともに、第2の金属板12は、上面に第2の基板14を搭載している。また、第1の基板13は、電気クロストークを抑制するために高抵抗、例えば比抵抗値が少なくとも $1\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$ を有する材料、例えばシリコンで形成(シリコン基板)されている。

一方、第2の基板14には、石英などの一般的なガラス材料で形成したガラス基板が用いてある。また、この第2の基板14には、図2に示すように、上下層を構成するガラス基板の間に、後述する光導波路17が配設されている。特に、外部から伝播してくる光信号が、後述する波長フィルタ171で反射された後、受光素子16の受光部161に進行するまでの間、この第2の基板14内部を伝播するようになっているので、その光信号をできるだけ効率的に伝播させるため、光減衰性の低い材料で形成するのが好ましい。なお、この光信号は、厳密には第2の基板14を透過後、一旦、空气中を伝播してから受光部161に達する。

[0038] また、これら第1の基板13及び第2の基板14には、適宜の絶縁材料で形成した絶縁膜を介してから、発光素子15及び受光素子16を実装するのが好ましい。そのため、本実施形態の場合、第1の基板13であるシリコン基板には、上面に酸化シリコンなどの絶縁膜を設けている。但し、第2の基板14は、絶縁性の高いガラス基板であるので、また前述の光信号が上面から出射するので、上面に絶縁膜は設置していない。

[0039] 発光素子15は、波長依存性の高い波長フィルタ171(後述する)を用いる都合上、コヒーレントな光を出射する半導体レーザ(LD)が用いられており、本実施形態では、波長が $1.3\mu\text{m}$ の近赤外光を出射するようになっている。この半導体レーザ(LD)

は、素子の上面(アノード)から下面(カソード)に電流を流すことで近赤外光を発光するようになっている。本実施形態では、後述する第1リード18Aから、第1のボンディングワイヤ181、第1の基板13上の発光素子15のアノード端子用電極15Aを通り、発光素子15下面に電流が流れるようになっている。また、発光素子15上面から第2のボンディングワイヤ182、第2リード18Bを通り、パッケージ10外部から発光素子15を電流駆動することができるようになっている。

なお、この発光素子15には、本実施形態の半導体レーザに限定されるものではなく、これ以外に、例えば近距離通信のためには、発光ダイオード(LED)などを用いてもよい。

[0040] 受光素子16は、通信相手から送信されてくる光信号を受信して電気信号に変換させるものであり、本実施形態では、波長 $1.5\mu\text{m}$ の伝送光を受信すると、電気信号を出力するPINフォトダイオード(PIN-PD)を用いており、図示外の結像レンズを介して受光部161に結像させるようになっている。

この受光素子16は、素子の下面に設けたカソード(端子用電極16A)が第6、第5のボンディングワイヤ186、185及び第6リード18Fを介してパッケージ10外部の図示しない所定の電子回路に接続されている。同様に、この受光素子16は、素子の下面に設けたアノード端子が第7のボンディングワイヤ187及び第7リード18Gを介してパッケージ10外部の図示しない所定の電子回路に接続されている。

[0041] 従って、この受光素子16は、カソード端子とアノード端子に電圧をかけることで、通信相手側からの光信号を受光した時に、カソード端子からアノード端子方向に向けて電流が流れ、受光した光レベルに応じて電流量が変化するようになっている。これにより、相手側から送信された光信号を電氣的信号に変換させている。

なお、この受光素子16には、本実施形態のようなPINフォトダイオード(PIN-PD)に限定されるものではなく、アバランシェフォトダイオード(APD)などのフォトダイオードを用いてもよい。

[0042] 光導波路17は、発光素子15及び受光素子16をそれぞれ光学的に結合させるものであり、本実施形態では光ファイバが使用されている。この光ファイバには、本実施形態の場合、比較的遠隔地との通信を行うために石英ガラスなどで形成したシング

ルモード(SM)型のものが使用されており、使用する波長帯として、送信用には1.3 μm 、受信用には1.5 μm が用いられている。

- [0043] また、この光導波路17として、光ファイバを使用する場合、比較的近距離の場合には、PMMA(ポリメチルメタアクリレート)などのプラスチック材料を用いた光ファイバ(POF)を使用してもよく、その場合に使用する光の波長としては、近赤外光よりも伝送効率の良好な短波長帯域(可視光域)のもの、例えば波長が0.6 μm 〜0.8 μm 帯のものなどが好ましい。

なお、この光ファイバには、特にこのシングルモードに限定されるものではなく、例えばステップインデックス(SI)型、グレーテッドインデックス(GI)型などのマルチモード光ファイバなどであってもよい。

- [0044] また、この光導波路17としては、本実施形態のような光ファイバではなく、例えば2次元的に光を閉じ込めるプレーナー光導波路や、3次元的路線に光を閉じ込めるチャンネル光導波路などを用いてもよい。

- [0045] さらに、この光導波路17には、通信相手からの所定波長の光信号を取り出すために、波長フィルタ171が第2の基板14内部に埋設させた状態で所定の位置に設置されている。この波長フィルタ171は、発光素子15から通信相手へ伝送させる波長1.3 μm の光信号を透過させるとともに、通信相手側から伝送されてくる波長1.5 μm の光信号を選択的に受光させるようにするため、波長依存性を有する選択的な反射手段として誘電体多層膜を用いた多層膜干渉フィルタで構成している。なお、この光導波路17には、光導波路に対して適正な所定の角度に傾斜した状態で設置されている。

- [0046] リード18は、発光素子15および受光素子16の各電極とパッケージ10外部側との電気的な接続を図るものであり、第1リード18A〜第8リード18Hで構成されている。

このうち、第1リード18Aは、発光素子15のアノード(端子用電極15A)とパッケージ10外部の所定の部位とを接続させるものであり、第1のボンディングワイヤ181を介して接続するようになっている。この第1のボンディングワイヤ181は、後述する第2のボンディングワイヤ182〜第7のボンディングワイヤ187と同様に、金線(又はアルミ線)を用いてワイヤボンディングにより配線させている。

- [0047] 第2リード18Bは、第2のボンディングワイヤ182を介して、発光素子15の上面側とパッケージ10の外部側とを電氣的に接続させるものであり、パッケージ10の外部から発光素子15を電流駆動するようになっている。
- [0048] 第3リード18Cは、第1の金属板11と導通しており、この第1の金属板11の電位変動を抑えるため、この第1の金属板11とパッケージ10の外部の図示外のグランドとを接続させている。
- [0049] 第4リード18Dおよび第5リード18Eは、予備の端子であり、図2ではボンディングワイヤ183および184を介し、第1の金属板11と図示外のグランドとを接続している。
- [0050] 第6リード18Fは、第5のボンディングワイヤ185、第6のボンディングワイヤ186、ガラス基板14上の受光素子16のカソード(端子用電極16A)を通じて、受光素子16の図示しないカソード端子と、パッケージ10外部の直流電圧源とを電氣的に接続させている。
- [0051] 第7リード18Gは、ガラス基板14上の受光素子16のアノード端子用電極16B、第7のボンディングワイヤ187を通じて、受光素子16の図示しないアノード端子と、パッケージ外部のアンプ等とを電氣的に接続させている。これにより、パッケージ10外部から第6リード18F及び第7リード18G間に電圧を印加することで、受光素子16は、外部の通信相手から光信号を受信した時に、光信号レベルに応じた受光電流を得ることができるようになっている。
- [0052] 第8リード18Hは、第2の金属板12と電氣的に導通しており、この第2の金属板12の電位変動を抑えるため、パッケージ10外部の図示外のグランドと接続されている。
- [0053] コンデンサ19は、受光素子16のカソード(端子用電極16A)側において表裏で所要の容量を形成するものであり、例えばチップコンデンサなどが用いられている。このコンデンサ19は、裏面を金属板12及び第6リード18Fを通じてパッケージ10外部の図示外のグランドに接続させることで、受光素子16のカソード(端子用電極16A)の電位を高周波的に安定させるようになっており、表面は受光素子のカソード(端子用電極16A)と第6のボンディングワイヤ186で接続されている。
- [0054] なお、本実施形態の光送受信モジュール1の光学系は、従来のものと同じ構成であり、前述したように、図1において、第2の基板14内部に第1の光ファイバ17A及び第

2の光ファイバ17Bの各一端部が波長フィルタ171を挟んで配置されている。

このうち、第1の光ファイバ17Aの他端は、発光素子15の発光面と近接させることで、発光素子15から発光される光信号を直接第1のファイバ17Aに直接入光させるか、適宜の光学素子、例えば非等方的な発光パターンであるLDを発光素子15とする本実施形態の場合、図示しない球レンズやロッドレンズなどを有するLDモジュールなどを介して発光素子15と同軸上に配置させてもよい。一方、第2の光ファイバ17Bの他端は、パッケージ10の外部光インターフェイスとなる。

なお、発光素子15として略等方的な発光パターンであるLEDを使用する場合、この発光素子15と第1の光ファイバ17Aとの間に、例えばマイクロレンズを配設し、発光源の像をコア径の中に絞り込ませて結合効率を高めるようにすればよい。

[0055] 従って、第1の光ファイバ17Aを通じて外部から入力された光信号は、波長フィルタ171で反射し、受光素子16の受光部161で光信号を受信する。一方、発光素子15から出力された光信号は、第1の光ファイバ17A内部を伝播し、波長フィルタ171を通過して、第2の光ファイバ17B内部を伝播して光送受信モジュール1外部へ出力されるようになっている。

[0056] 次に、図4に本発明の第1の実施形態に係る光送受信モジュール1の回路等価モデルを示す。

図1に示す発光素子15のアノード端子、カソード端子側には、第1、第2のボンディングワイヤ181、182等に寄生インダクタンス L_A 、 L_B (図4参照)がある。このため、高周波信号を含んだ電流で発光素子15を駆動した場合、発光素子15のアノード端子の電位も高周波信号で変動する。そして、この発光素子15のアノード端子電位の高周波信号による変動は、発光素子15のアノード端子用電極15A (図2参照)から、第1の基板13であるシリコン基板を通じて第1の金属板11へと伝播される。

[0057] シリコン基板である第1の基板13は、図4に示すように、コンデンサと抵抗によってモデル化できるが、シリコン基板を高抵抗(比抵抗値が $1\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上)とすることで、高周波信号による(発光素子15側の)アノード端子の電位変動が第1の金属板11へ伝播する量は小さくなる。

一方、第1の金属板11は、第3のリード18Cで外部グランドと接続されており、受光

素子16側のアノード端子の電位の変動量を抑えることができる。第1の金属板11と第2の金属板12間には容量 C_{12} が発生するが、第1の金属板11と第2の金属板12の間隔を0.5〜1mm程度あけることで、非常に小さな容量(C_{12})となる。その結果、金属板が共通な場合と比較し、第2の金属板12での電位変動はさらに抑えられる。

[0058] 第2の金属板12は、第8リード18Hにて外部グランドと接続されているため、発光素子15側からの高周波信号に起因した電位の変動は小さくなり、受光素子16のカソード(端子用電極16A)と第2の金属板12との間にコンデンサ19を追加しても、受光素子16のカソード端子の変動は微々たるものとなる。

[0059] このように、本実施形態では、第1の基板13であるシリコン基板の抵抗値を大きくするとともに、金属板を第1、第2の金属板11、12に分離し、第1、第2の金属板11、12のそれぞれを外部グランドに接続している。従って、発光素子15のアノード端子の電位変動から漏洩する高周波信号による受光素子16のカソード端子の電位変動、すなわち電気クロストークを極めて小さくできる。また、受光素子16のカソード端子には、コンデンサ19を第2の金属板12との間に配置しているため、受光素子16の高周波特性も良好となる。

[0060] 次に、従来の光送受信モジュールにおいて受光素子のカソード端子側にコンデンサを追加して接続した場合(比較例)と、本実施形態に係る光送受信モジュール1の場合とについて、発生する電気クロストークをシミュレーションで求めた結果を、図5に示す。なお、同図において、横軸が周波数(GHz)、縦軸が電気クロストーク量(dB)であり、クロストーク量の数値が小さい(絶対値が大きい)ほど好ましい。

同図から、従来および本実施形態のどちらのものも、周波数が高くなるにつれて電気クロストーク量は大きくなることがわかったが、特に本発明の双方向光モジュールでは、いずれの周波数帯についても電気クロストーク量が大きく改善されている、との知見が得られた。

[0061] 以上のように、本実施形態に係る光送受信モジュール1の構成によれば、受光素子16のカソード端子にグランドへ接続するコンデンサ19をパッケージ10内部に設けることで、高周波特性を改善しつつ、発光素子15のアノード端子から受光素子16のカソード端子へのクロストークを抑えることができる。

さらに、本実施形態に係る光送受信モジュール1の構成によれば、分離・独立した第1及び第2の金属板11、12の互いに隣接する対向縁部(辺)どうしを略平行で、かつ、凹凸となるクランク状に形成している。従って、パッケージ10として比較的脆弱な樹脂パッケージ等を用いた場合であっても、光送受信モジュール1の曲げ強度が低下することが効果的に抑止できる。さらにパッケージ10の蓋10D(図1参照)をセラミックもしくは金属とすることで、さらに一層曲げ強度を向上させることができる。

[0062] [第2の実施形態]

次に、本発明の第2の実施形態について、図6を参照しながら説明する。なお、本実施形態において、第1の実施形態と同一部分には同一符号を付して重複説明を避ける。

図6は本発明の第2の実施形態に係る光送受信モジュール2の構成を示すものであり、この光送受信モジュール2は、第1の実施形態に係る光送受信モジュール1と同様の構成において、第2の金属板12の上にプリアンプ(前置増幅器)21及び第2のコンデンサ22を追加して設置している。

[0063] このプリアンプ21は、増幅度を高めるためのものであり、このプリアンプ21の図示しない(受光素子16のカソードとの接続用である)端子と、受光素子16のカソード(端子用電極16A)とが、第6のボンディングワイヤ186及び第8のボンディングワイヤ231を介して電氣的に接続されている。また、プリアンプ21の図示しない(受光素子16のアノードとの接続用である)端子と、受光素子16のアノード端子(アノード端子用電極16B)とが、第9のボンディングワイヤ232を介して電氣的に接続されている。

[0064] また、本実施形態のプリアンプ21は、受光素子16が出力する光入力強度に応じた光電流を増幅し、差動信号に変換する増幅器であって2出力を有しており、一方は第12のボンディングワイヤ235と第6リード18Fから出力され、もう一方は第13のボンディングワイヤ236及び第7リード18Gから出力されるように構成されている。なお、プリアンプ21への電源供給は、第8リード18H、第10のボンディングワイヤ233及び第11のボンディングワイヤ234を介して行われる。

[0065] 第2のコンデンサ22は、受光素子16へ供給する電源電位の安定化のために設置されており、受光素子16のカソード(端子用電極16A)に接続する第6のボンディン

グワイヤ186と第2の金属板12との間に設けている。

[0066] 従って、この第2の実施形態に係る光送受信モジュール2によれば、第1の実施形態に係る光送受信モジュール1と同様に、受光素子16のカソード端子へのクロストークを低減できる。さらに、本実施形態によれば、プリアンプ21をパッケージ10の送受信室10Aに内蔵することで、第1の実施形態のものと比較して、高周波特性がさらに改善されるようになり、振幅の大きな信号を出力することができる。

[0067] [第3の実施形態]

次に、本発明の第3の実施形態について、図6を参照しながら説明する。なお、本実施形態において、第1の実施形態と同一部分には同一符号を付して重複説明を避ける。

図7は本発明の第3の実施形態に係る光送受信モジュール3の構成を示すものであり、この第3の実施形態に係る光送受信モジュール3は、第1の実施形態における光モジュール1と同一構成のものにおいて、第1の金属板11の下面にパッケージ10の底部10Eを貫通して設けたスルーホール10Fと、このスルーホール10Fに設けた導電性の外部接続用金属11Aと、第2の金属板12の下面にパッケージ10を貫通して設けたスルーホール10Gと、このスルーホール10Gに設けた導電性の外部接続用金属12Aとをさらに有する点が異なる。

[0068] 第1の金属板11と外部接続用金属11Aは、それぞれ一体化した金属か、電氣的に接続されている。同様に、第2の金属板12と外部接続用金属12Aも、それぞれ一体化した金属か、電氣的に接続されている。

[0069] 従って、前述のような外部接続用金属11A、12Aを通じてパッケージ10外部のグラウンドと接続することで、第1の金属板11及び第2金属板12のクロストークによる電位変動をさらに効果的に抑えることができ、電気クロストークを一層低減させることができる。

[0070] [第4の実施形態]

次に、本発明の光送受信装置について、図8を参照しながら説明する。

図8は、本発明の実施形態に係る光送受信装置4を示すものであり、この光送受信装置4は、上面41Aに所定のパターン配線42が設けられた実装基板41と、この実装

基板41の表面(上面)41Aに実装された第1〜第3の実施形態で用いた光送受信モジュール1〜3のいずれかを備えている。

[0071] 光送受信モジュールを実装させる実装基板41には、前述したように、第1〜第3の実施形態で用いた光送受信モジュール1〜3のいずれかを実装するように構成しているが、特に実装基板41の表面(上面)41Aにおいて、これら光送受信モジュール1〜3のパッケージ10裏面と接する領域(図8ではハッチングで示す領域(以下、これを「パッケージ実装領域」とよぶ)) α には導電パターンを設けない(これを「欠損パターン」とよぶ)ように構成している。

[0072] このように、本発明の光送受信装置4では、パッケージ実装領域 α にパターン配線42を設けない(欠損パターン)ようになっているが、この理由について以下に説明する。

本実施形態とは異なり、仮に、実装基板41の表面(上面)のパッケージ実装領域 α にもパターン配線42を設ける(欠損パターンとしない)構成とした場合の等価回路モデルを、図9に示す。

[0073] この場合も、本実施形態の場合も同様であるが、光送受信モジュール1(又は2, 3)のパッケージ10は、樹脂で形成されており物性的には誘電体を構成している。一方、パッケージ実装領域 α を欠損パターンとしないときの実装基板41の表面(上面)41Aには、パッケージ10直下にもパターン配線を有しているので、第1の金属板11と実装基板41上のパターン配線との間に容量 C_1 が発生してしまう。同様に、第2の金属板12とパッケージ10直下の実装基板41上のパターン配線との間にも、容量 C_2 が発生する。

このため、欠損パターンでない場合には、図9に示すように、第1の金属板11と第2の金属板12との間に容量接続が発生してしまう。その結果、そこで電気クロストークを拡大してしまうこととなる。

[0074] 一方、本発明の第4の実施形態に係る光送受信装置4では、光送受信モジュール1(又は2, 3)のパッケージ実装領域 α である光送受信モジュールのパッケージ10直下において導電パターンを設けない。従って、前述のような容量 C_1 及び C_2 の発生が回避できるので、電気クロストークが大きくなることを抑止することができる。

[0075] 本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。

本出願は、2004年1月15日出願の日本特許出願(特願2004-008118)に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

産業上の利用可能性

[0076] 本発明によれば、樹脂パッケージ内部で発光素子を実装する第1の基板を搭載する第1の金属板と、受光素子を配置する第2の基板を搭載する第2の金属板とをそれぞれ分離・独立して設けており、寄生容量を小さくすることができるので、発光素子を高周波信号で電流駆動する際、高周波特性を改善しつつ、高周波信号の一部が受光素子の端子に電位変動をもたらす電気クロストークを抑圧することができる効果を有し、光送受信モジュール及びこれを備えた光送受信装置などに有用である。

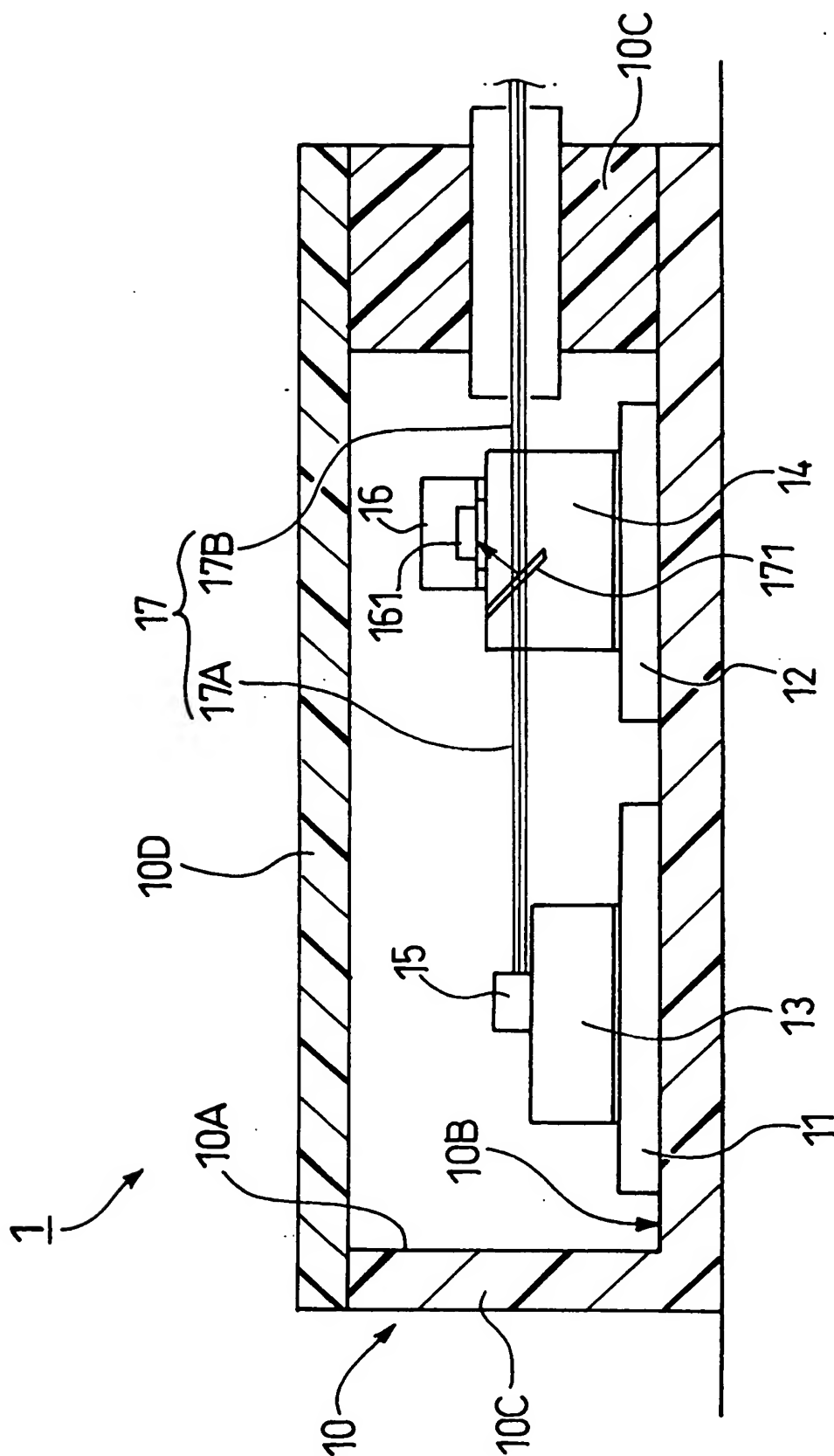
請求の範囲

- [1] 内部に送受信室を設けた略箱状のパッケージと、
このパッケージの前記送受信室に互いに独立別個に設けられた第1及び第2の金属板と、
この第1の金属板上に設けられ、発光素子を実装する第1の基板と、
前記第2の金属板上に設けられ、受光素子を実装する第2の基板と、
前記発光素子と受光素子とに光学的に結合された光導波路と、
前記パッケージに設けられ、前記発光素子および前記受光素子の各電極とパッケージ外部側との電気的な接続を図る複数のリードと
を備えたことを特徴とする光送受信モジュール。
- [2] 前記パッケージは、樹脂で形成してあることを特徴とする請求項1に記載の光送受信モジュール。
- [3] 前記第2の金属板と前記受光素子のカソード端子間には、これらの間を電氣的に接続させるコンデンサを具備することを特徴とする請求項1又は2に記載の光送受信モジュール。
- [4] 前記発光素子を搭載する前記第1の基板は、その比抵抗値が $1\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上であることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の光送受信モジュール。
- [5] 前記第1及び第2の金属板の少なくとも一方は、前記いずれかのリードを通じて前記パッケージ外部のグラウンドと接続されていることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の光送受信モジュール。
- [6] 前記第2の金属板は、プリアンプを搭載しているとともに、
前記受光素子のアノード端子と前記プリアンプの入力端子の間、および前記プリアンプの出力端子と前記リードのいずれかとの間を電氣的に接続してあることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の光送受信モジュール。
- [7] 前記パッケージは、前記送受信室の床面から前記パッケージの底面まで貫通するスルーホールを有し、
前記第1及び第2の金属板の少なくとも一方は、この金属板の下面側とスルーホールを介して前記パッケージ下面と電氣的に導通していることを特徴とする請求項1か

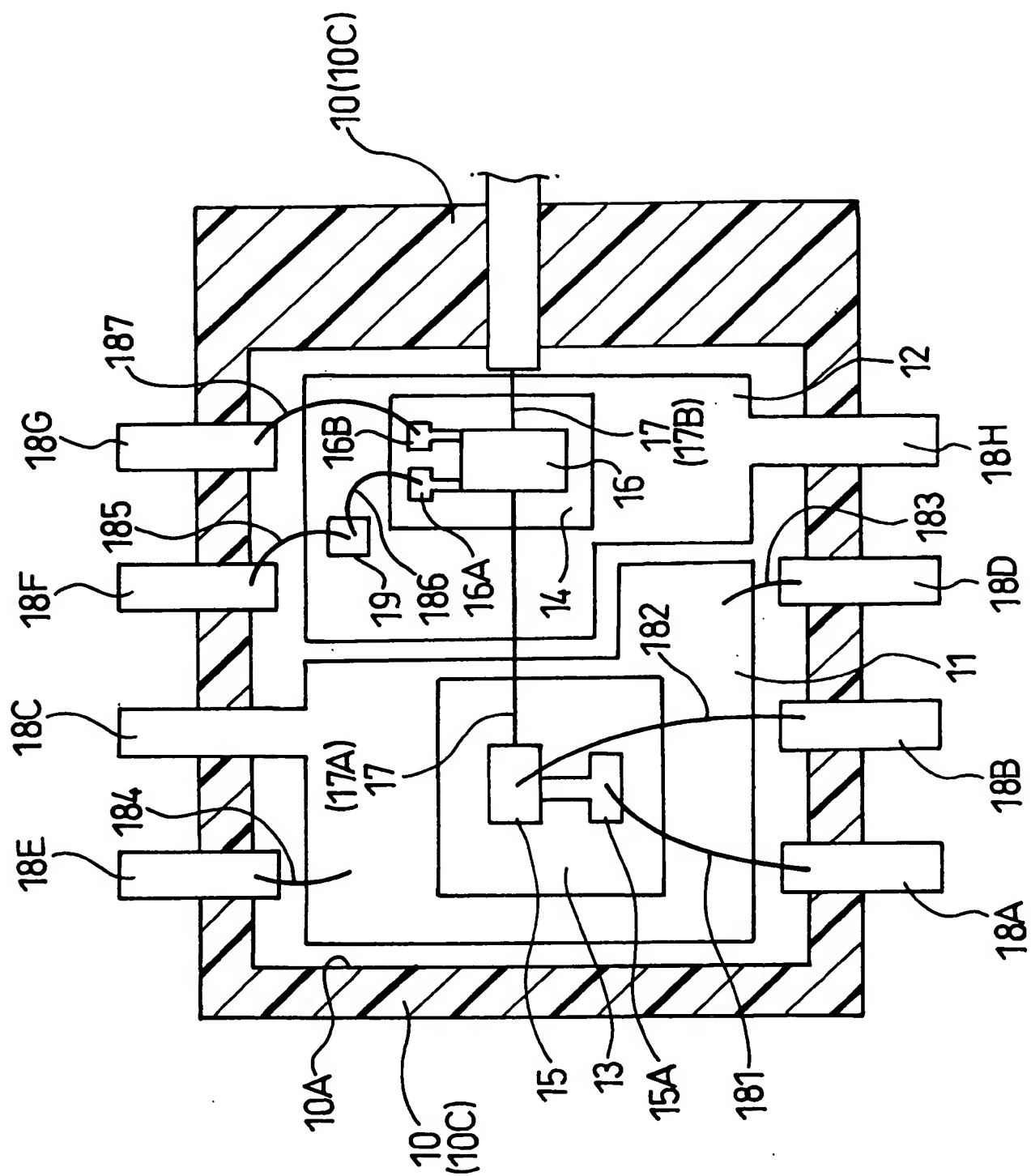
ら6のいずれか1項に記載の光送受信モジュール。

- [8] 前記第1及び第2の金属板は、互いに対向して隣接する境界部分の形状が、互いに補完するクランク状もしくは曲線状を呈することを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の光送受信モジュール。
- [9] 前記パッケージは、前記送受信室の一部が外部に向けて開口しているとともに、前記開口部は、金属もしくはセラミックで形成した蓋で閉鎖してあることを特徴とする請求項1から8のいずれか1項に記載の光送受信モジュール。
- [10] 請求項1から9のいずれかに記載の光送受信モジュールを搭載する光送受信装置において、
光送受信モジュールの前記パッケージを搭載する基板は、前記パッケージの下面が接する上面の前記パッケージを搭載する領域に、導電パターン欠損領域を有することを特徴とする光送受信装置。

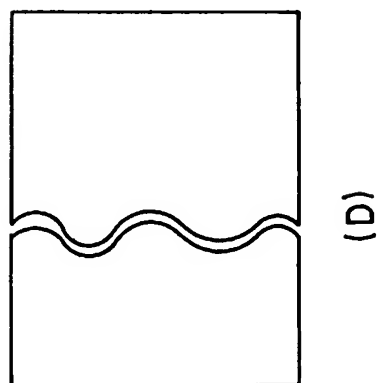
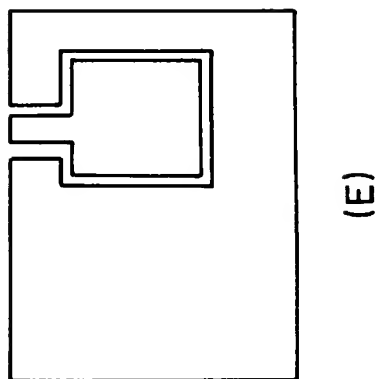
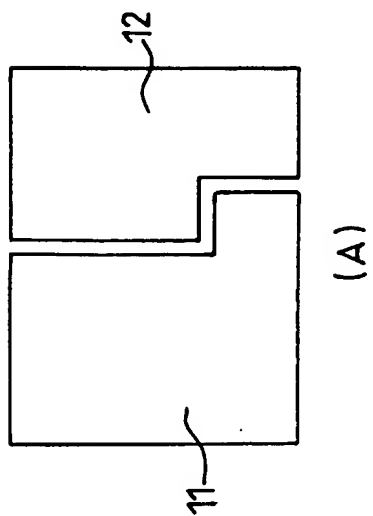
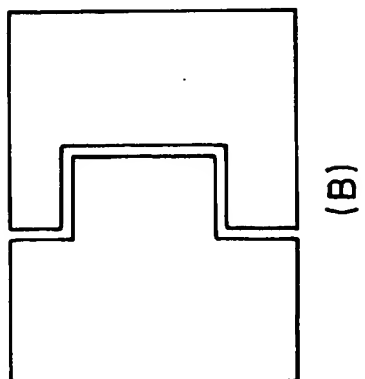
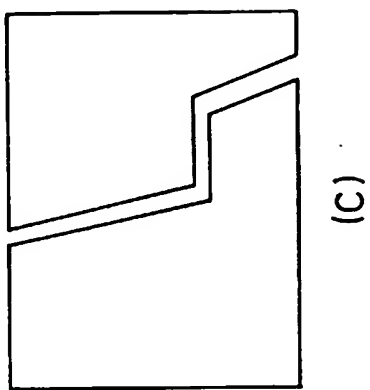
[図1]



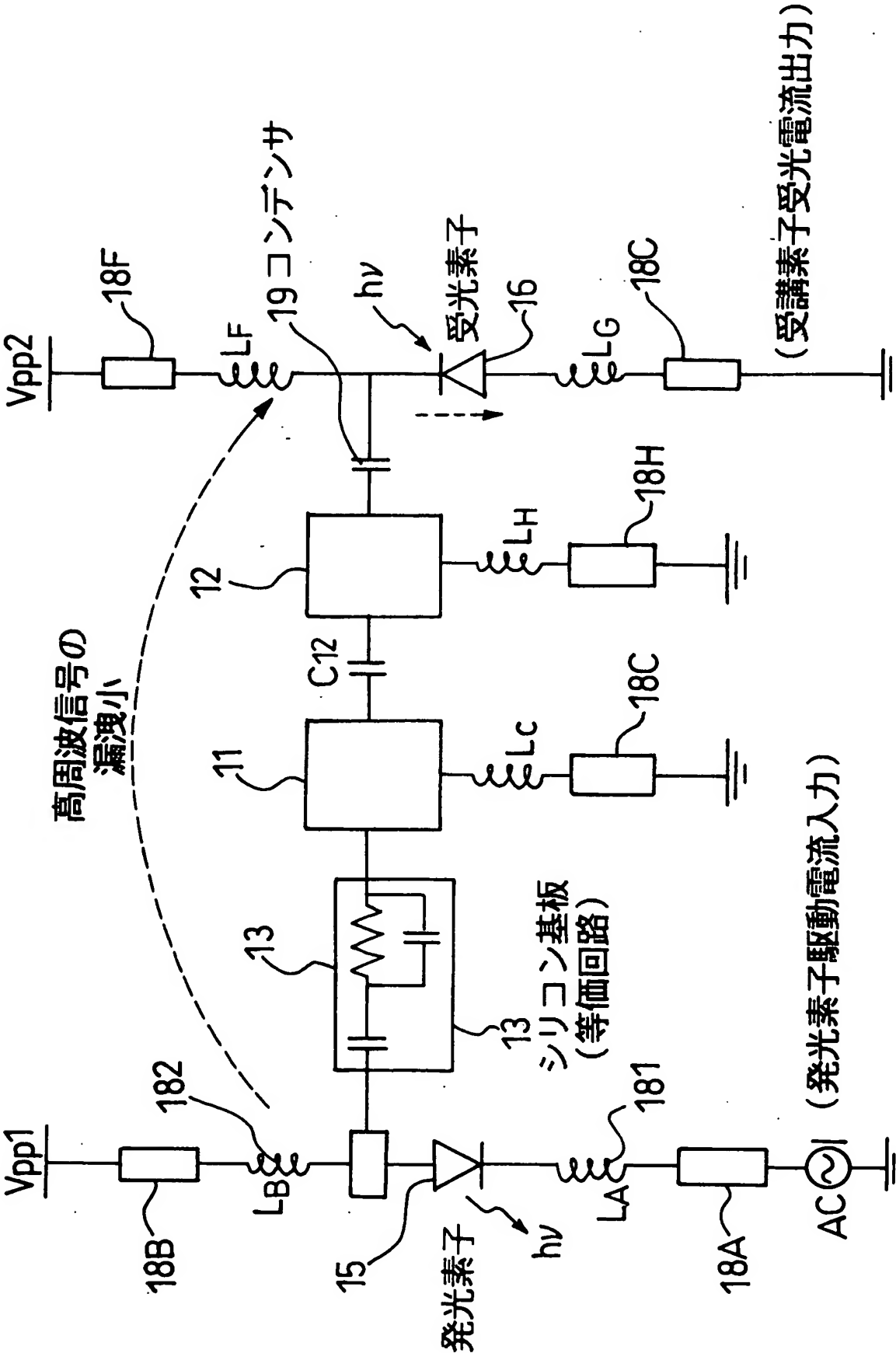
[図2]



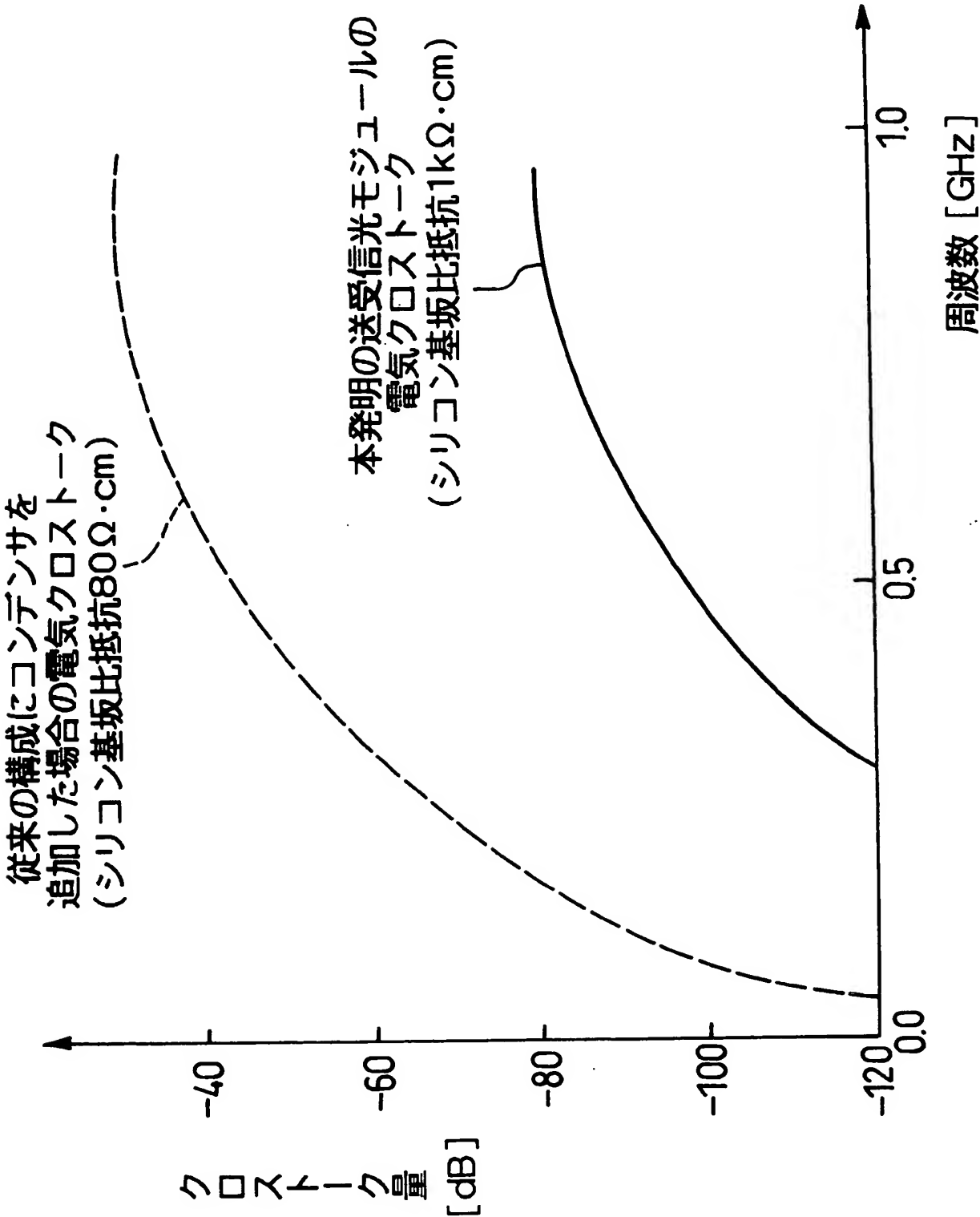
[図3]



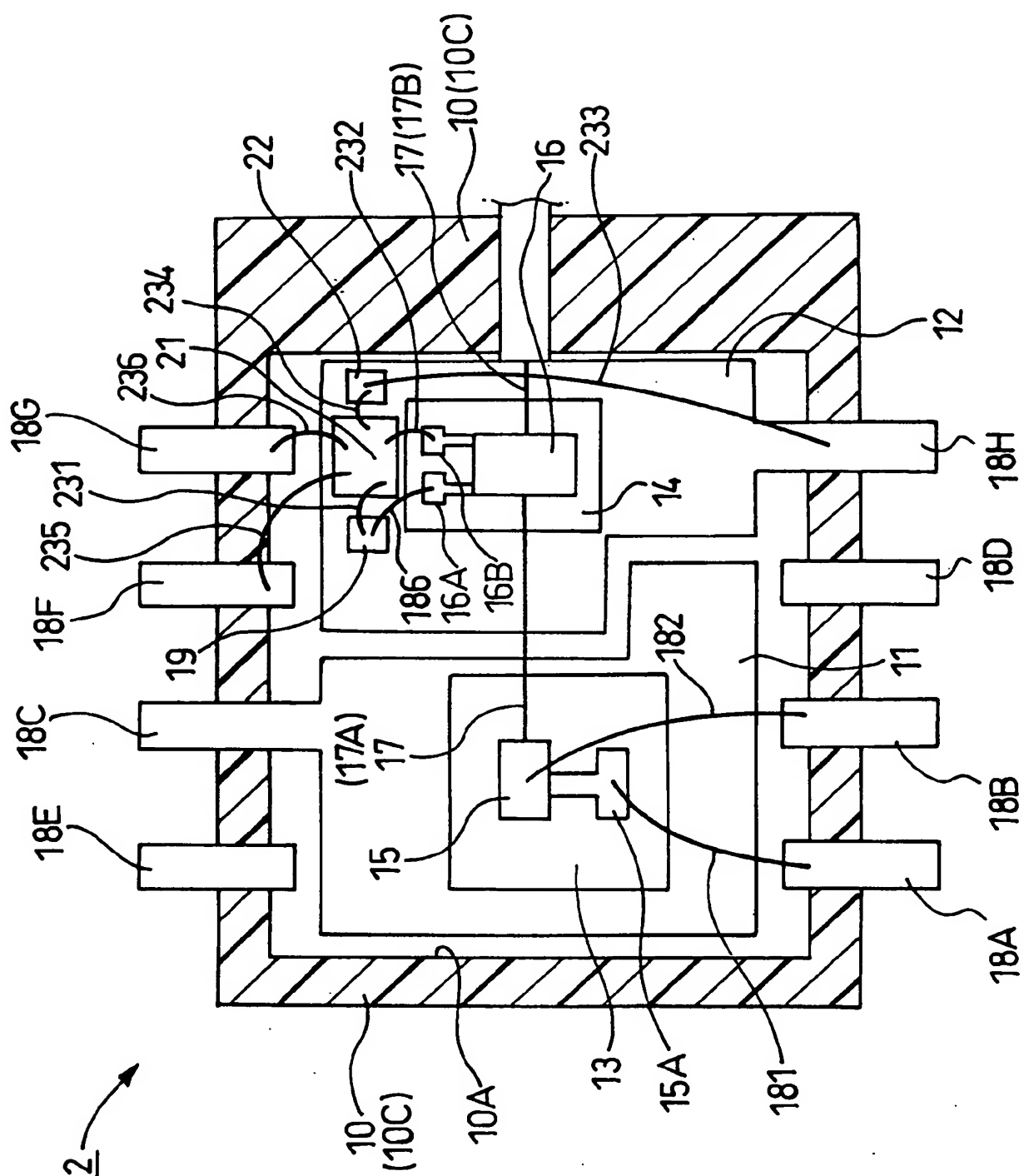
[図4]



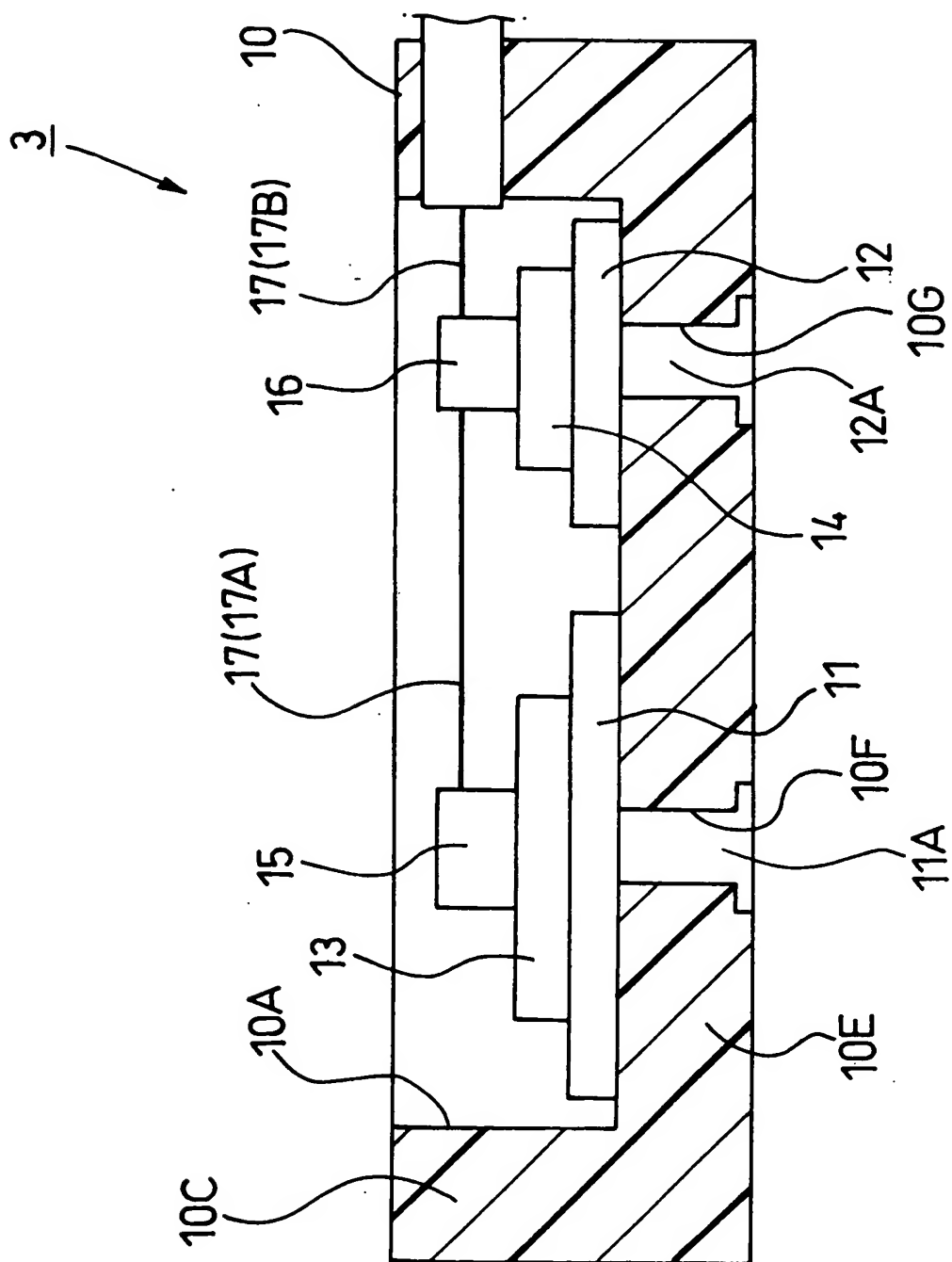
[図5]



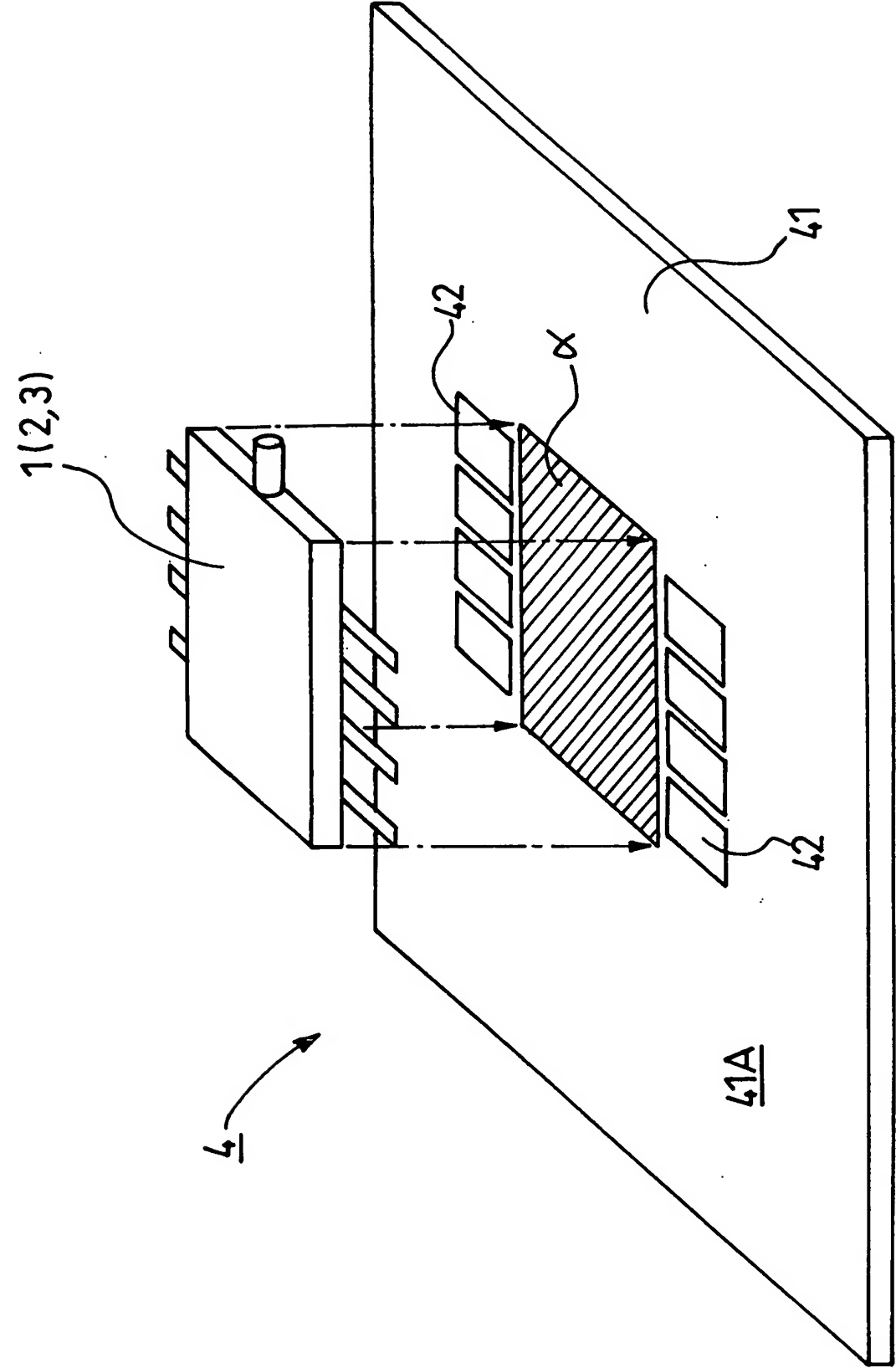
[図6]



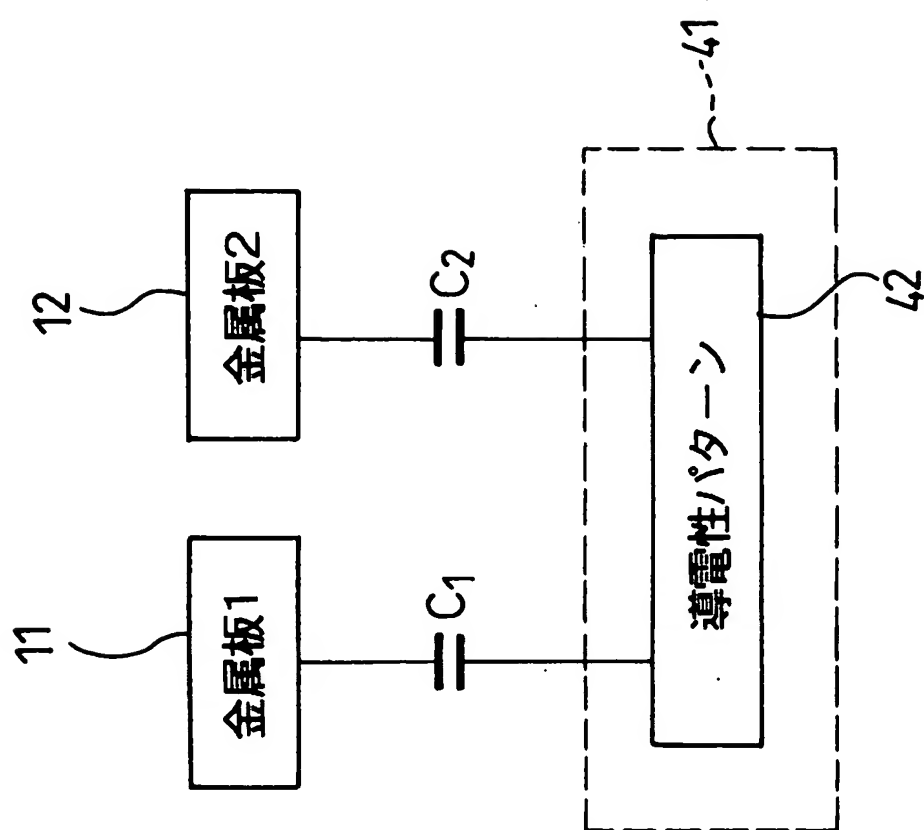
[図7]



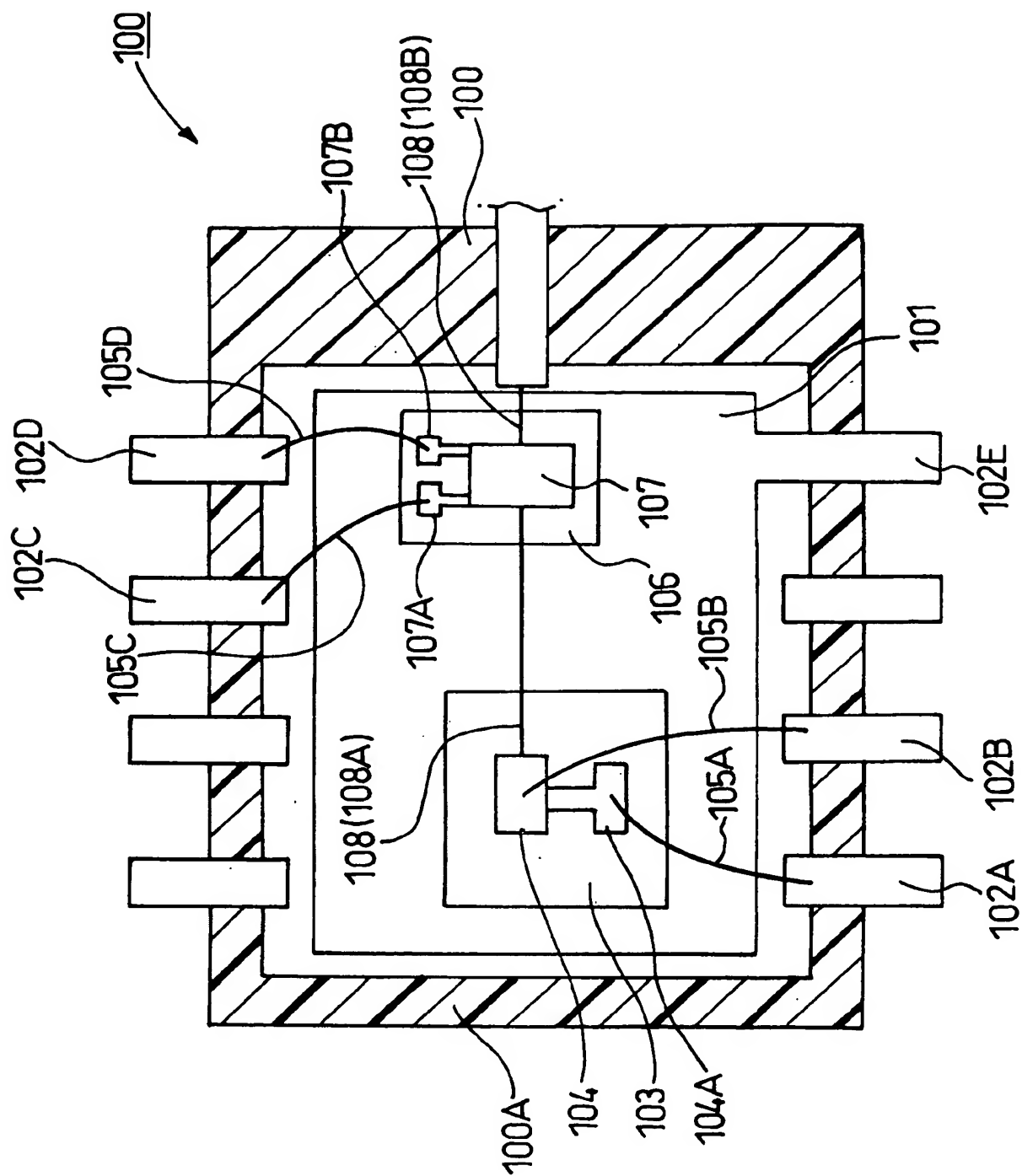
[図8]



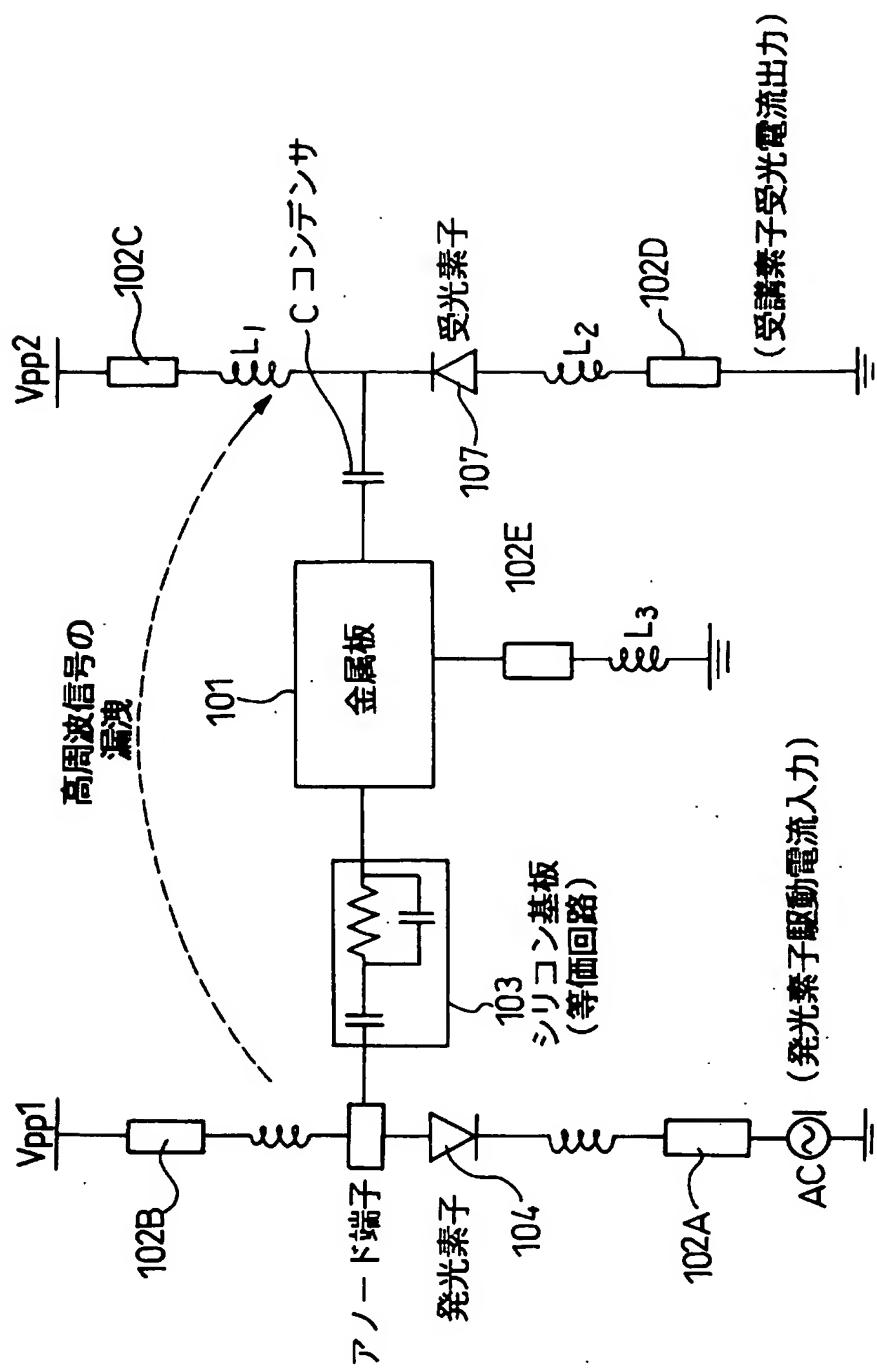
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/018131

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L31/02, H01S5/022

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H01L31/02, H01S5/00-5/50, G02B6/42

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-168449 A (Mitsubishi Electric Corp.), 22 June, 2001 (22.06.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-7, 9, 10
Y	JP 2002-111599 A (Fujitsu Ltd.), 12 April, 2002 (12.04.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-7, 9, 10
Y	JP 2002-223023 A (NEC Corp.), 09 August, 2002 (09.08.02), Par. No. [0006] & US 2003/91303 A1	1-7, 9, 10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 February, 2005 (25.02.05)

Date of mailing of the international search report
08 March, 2005 (08.03.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/018131

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 7-162186 A (Fujitsu Ltd.), 23 June, 1995 (23.06.95), Full text; all drawings & US 5535034 A	1-7, 9, 10
A	JP 2001-210841 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 03 August, 2001 (03.08.01), Full text; all drawings & US 2001/16094 A1	4
A	JP 5-300188 A (Hitachi, Ltd.), 12 November, 1993 (12.11.93), Full text; all drawings & EP 567081 A2 & US 5448661 A	1-10
A	JP 5-335603 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 17 December, 1993 (17.12.93), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 10-65079 A (Motorola, Inc.), 06 March, 1998 (06.03.98), Full text; all drawings & US 5808325 A	1-10
A	JP 2003-229625 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 15 August, 2003 (15.08.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 2001-345475 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 December, 2001 (14.12.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 62-194686 A (NEC Corp.), 27 August, 1987 (27.08.87), Full text; all drawings (Family: none)	1-10

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 2004/018131

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 H 01 L 31/02
H 01 S 5/022

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 H 01 L 31/02
H 01 S 5/00-5/50
G 02 B 6/42

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2004年
日本国登録実用新案公報 1994-2004年
日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-168449 A(三菱電機株式会社)2001.06.22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7, 9, 10
Y	JP 2002-111599 A(富士通株式会社)2002.04.12, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7, 9; 10
Y	JP 2002-223023 A(日本電気株式会社)2002.08.09, 段落6 & US 2003/91303 A1	1-7, 9, 10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25.02.2005

国際調査報告の発送日

08.3.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

道祖土 新吾

2K

9814

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 7-162186 A(富士通株式会社)1995. 06. 23, 全文, 全図 & US 5535034 A	1-7, 9, 10
Y	JP 2001-210841 A(住友電気工業株式会社)2001. 08. 03, 全文, 全図 & US 2001/16094 A1	4
A	JP 5-300188 A(株式会社日立製作所)1993. 11. 12, 全文, 全図 & EP 567081 A2 & US 5448661 A	1-10
A	JP 5-335603 A(住友電気工業株式会社)1993. 12. 17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 10-65079 A(モトローラ・インコーポレイテッド)1998. 03. 06 全文, 全図 & US 5808325 A	1-10
A	JP 2003-229625 A(住友電気工業株式会社)2003. 08. 15, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2001-345475 A(松下電器産業株式会社)2001. 12. 14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 62-194686 A(日本電気株式会社)1987. 08. 27, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10